

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОНДУКТИВНОГО ПЕРЕНОСА ТЕПЛА И ХАРАКТЕРНЫХ ВРЕМЁН НАЧАЛА КОНВЕКЦИИ В СВЕРХКРИТИЧЕСКОМ ИЗОПРОПАНОЛЕ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ИЗОБАРНОМ НАГРЕВЕ

Поволоцкий И.И.<sup>1\*</sup>, Волосников Д.В.<sup>2</sup>, Рютин С.Б.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург, Россия

<sup>2)</sup> Институт теплофизики УрО РАН, г.Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [iliyapov@rambler.ru](mailto:iliyapov@rambler.ru)

## INVESTIGATION OF HEAT CONDUCTION AND CHARACTERISTIC TIMES OF CONVECTION ONSET IN SUPERCRITICAL ISOPROPANOL UNDER ISOBARIC PULSE HEATING

Povolotskiy I.I.<sup>1\*</sup>, Volosnikov D.V.<sup>2</sup>, Rutin S.B.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2)</sup> The Institute of Thermal Physics of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Yekaterinburg, Russia

The method of controlled pulsed heating of controlled wire probe has been applied to study conductive and conductive-convective heat transfer in supercritical isopropanol. It was found that at pressures close to the critical rate heat transfer in SCF deteriorates significantly.

В докладе будут представлены экспериментальные данные о кондуктивном и кондуктивно-конвективном переноса тепла в сверхкритическом флюиде (СКФ). Данные получены независимыми методами управляемого импульсного нагрева зонда: методом постоянной мощности тепловыделения [1] и методом температурного плато [2-4]. Методы позволяют оценивать изменение интенсивности теплообмена в области до- и сверхкритических состояний при изменении параметра опыта. Метод температурного плато позволяет оценивать вклад кондуктивной и конвективной составляющих, определять границы начала конвективного теплообмена. Масштаб характерных времен нагрева составляет (1÷1000 мс), а плотностей теплового потока (1÷10 МВт/м<sup>2</sup>).

Суть измерений состоит в регистрации параметров отклика на импульсное тепловыделение в изопропанолe при заданных параметрах функции нагрева. Источником тепла и одновременно чувствительным элементом служит тонкий проволочный зонд – термометр сопротивления, сопряженный со средой по температуре и по тепловому потоку. Измеряемыми в опыте параметрами служат падение напряжения на зонде и на образцовом резисторе. По этим данным вычисляются значения среднemasсовой температуры зонда  $T(t)$ , мощности его нагрева  $P(t)$ , плотности теплового потока через его поверхность  $q(t)$  и теплового сопротивления вещества  $R_{\lambda}(t) = \Delta T(t)/q$  при заданном режиме нагрева для любо-

го момента времени  $t$ . В дальнейшем сопоставляются амплитудно-временные параметры отклика в зависимости от давления и температуры образца при заданных параметрах функции нагрева.

Эксперимент проводился на двух экспериментальных установках, реализующих методику управляемого импульсного нагрева зонда. В том и другом случаях установка состоит из схемы управления проволочным зондом [2,3], аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и программно-аппаратного комплекса. Универсальные 14-bit модули АЦП/ЦАП E14-440 D и E20-10 с частотами дискретизации 400 кГц и 10 МГц, соответственно, снабжены интерфейсом USB 2.0. Для модулей разработаны оригинальные программируемые интерфейсы управления с запуском от внешней системы синхронизации.

В ходе данного исследования был получен значительный массив экспериментальных данных. Более 1500 файлов были подвергнуты процедуре сглаживания и усреднения посредством специально разработанного программного обеспечения. В дальнейшем пересчёт экспериментальных кривых в кривые временной зависимости теплового сопротивления  $R_\lambda(t)$  был проведен в графическом пакете. В докладе будет представлена часть массива экспериментальных данных и построенные на их основе трехмерные поверхности  $R_\lambda(t, T)$ . На примере изопропанола будет продемонстрировано влияние как кондуктивного, так и кондуктивно-конвективного механизмов переноса тепла при быстром переводе вещества из сжатого состояния в сверхкритическое состояние.

*Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 16-08-00381 и проекта комплексной программы Уральского отделения РАН № 15-20-2-18.*

1. S.B. Rutin, P.V. Skripov, Int. J. Heat Mass Transf. **57**, 1 (2013).
2. P.V. Skripov, A.A. Starostin, D.V. Volosnikov. Doklady physics **48**, 5, 228 (2003).
3. А.В. Багинский, Д.В. Волосников, П.В. Скрипов, А.А. Смотрицкий. Теплофизика и аэромеханика **15**, 3, 399 (2008)
4. S.B. Rutin, D.V. Volosnikov, P.V. Skripov. Int. J. Heat Mass Transf. **91**, 1 (2015).